



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 300 315 B1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **08.04.92**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **G10K 9/12**

21 Anmeldenummer: **88111054.8**

22 Anmeldetag: **11.07.88**

54 **Stosswellengenerator für eine Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern von Konkrementen im Körper eines Lebewesens.**

30 Priorität: **23.07.87 DE 8710118 U**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**25.01.89 Patentblatt 89/04**

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**08.04.92 Patentblatt 92/15**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB NL**

56 Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 131 653**  
**EP-A- 0 189 756**  
**WO-A-88/03782**  
**US-A- 3 362 501**

**ULTRASONICS, Band 7, Nr. 2, April 1969,**  
**Seiten 98-100; "Acoustic lens design"**

73 Patentinhaber: **SIEMENS AKTIENGESELL-  
SCHAFT**

**Wittelsbacherplatz 2**  
**W-8000 München 2(DE)**

72 Erfinder: **Köhler, Georg, Dipl.-Ing.**  
**Magdalenenstrasse 33**  
**W-8602 Geisfeld(DE)**

Erfinder: **Rohwedder, Arnim, Dipl.-Ing.**  
**Osloer Strasse 6**  
**W-8520 Erlangen(DE)**

**EP 0 300 315 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Stoßwellengenerator für eine Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern von Konkrementen im Körper eines Lebewesens, welcher ein mit einer Flüssigkeit gefülltes Gehäuse mit einer Austrittsöffnung für Stoßwellen und eine dieser gegenüberliegend angeordnete Stoßwellenquelle sowie Mittel zum Fokussieren der Stoßwellen auf einen Fokus aufweist, wobei zwischen der Stoßwellenquelle und dem Fokus ein plattenförmiger Körper angeordnet ist, dessen im Ausbreitungsweg der Stoßwellen befindlicher Bereich eine geringere Querschnittsfläche als eine von der Stoßwellenquelle ausgehende Stoßwelle aufweist, so daß jeweils nur ein Teil einer Stoßwelle den plattenförmigen Körper durchläuft.

Ein solcher Stoßwellengenerator ist in der DE-PS 32 40 691 beschrieben. Dabei ist der plattenförmige Körper aus einem Werkstoff gebildet, dessen akustische Impedanz von der der Flüssigkeit abweicht. Da die Querschnittsfläche des im Ausbreitungsweg der Stoßwellen befindlichen Bereiches des plattenförmigen Körpers geringer als die der Stoßwelle ist, kann ein Teil der Stoßwelle den plattenförmigen Körper ungehindert passieren, während ein anderer Teil der Stoßwelle den plattenförmigen Körper durchläuft. Da die akustische Impedanz des plattenförmigen Körpers von der der Flüssigkeit abweicht, wird derjenige Teil der Stoßwelle, der den plattenförmigen Körper durchläuft, durch Vielfachreflexionen an der Vorder- und Hinterseite des plattenförmigen Körpers in eine Folge von Stoßwellenfronten vervielfacht, wobei der zeitliche Abstand zwischen den Stoßwellenfronten wesentlich von der Dicke des plattenförmigen Körpers abhängt. Außer demjenigen Teil der Stoßwelle, der den plattenförmigen Körper ungehindert passiert, wirken somit eine Vielzahl von Stoßwellenfronten auf das Konkrement ein, wobei sich die jeweils in dem Konkrement erzeugten mechanischen Spannungen überlagern, so daß sich eine gegenüber einer einzigen Stoßwellenfront verbesserte Zertrümmerungswirkung ergibt.

Bei dem bekannten Stoßwellengenerator tritt im Fokus der Stoßwellen ein Verlauf des Druckes  $p$  über der Zeit  $t$  auf, wie er in Fig. 1 qualitativ beispielhaft dargestellt ist. Dieser setzt sich zusammen aus einer theoretisch unendlich großen Zahl von durch Vielfachreflexionen erzeugten, in konstanten zeitlichen Abständen aufeinanderfolgenden Druckimpulsen, von denen beispielhaft die Druckimpulse 2a bis 2d dargestellt sind. Deren Amplituden nehmen in der Form einer geometrischen Reihe ab. Den Druckimpulsen 2a bis 2d überlagert sich ein Druckimpuls 1, der demjenigen Teil der Stoßwelle entspricht, der den plattenförmigen Körper nicht durchlaufen hat. Im Falle des zeitlichen

Verlaufes des Druckes nach Fig. 1 weist der Druckimpuls 1 gegenüber dem Druckimpuls 2a eine zeitliche Verzögerung auf, die dann auftritt, wenn die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in der Flüssigkeit geringer als in dem plattenförmigen Körper ist. Im umgekehrten Falle tritt eine zeitliche Voreilung des Druckimpulses 1 gegenüber dem Druckimpuls 2a auf. Die einzelnen Druckimpulse weisen jeweils einen sehr steilen Anstieg und einen sich daran anschließenden im wesentlichen exponentiellen Abfall auf, der in der Regel einen sogenannten Unterschwinger 3 aufweist, d.h. es tritt kurzfristig ein unter Umständen erheblicher Unterdruck auf. Einen solchen Unterschwinger kann auch der resultierende zeitliche Verlauf des Druckes, der sich aus der Addition der Druckimpulse ergibt, aufweisen. Es gibt Anzeichen dafür, daß der beim Abfall des Druckes im Bereich des Unterschwingers auftretende Unterdruck Schädigungen des ein zu zertrümmernden Konkrement umgebenden Gewebes durch Kavitationerscheinungen hervorruft. Druckverläufe, die keinen Unterschwinger aufweisen und gleichzeitig zur Zertrümmerung von Konkrementen geeignet sind, können mit dem bekannten Stoßwellengenerator nicht ohne weiteres erzeugt werden. Außerdem ist es infolge der Vielzahl der infolge von Vielfachreflexionen auftretenden Druckimpulse bei dem bekannten Stoßwellengenerator nur in sehr beschränktem Umfang möglich, auf den sich im Fokus ergebenden zeitlichen Verlauf des Druckes Einfluß zu nehmen. Desweiteren ist es von Nachteil, daß die Vielfachreflexionen an den Grenzflächen zwischen dem plattenförmigen Körper und der Flüssigkeit mit Verlusten verbunden sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Stoßwellengenerator der eingangs genannten Art so auszubilden, daß der zeitliche Verlauf des Druckes im Fokus des Stoßwellengenerators weitgehend frei wählbar ist und Verluste infolge von Reflexionen vermieden sind.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der plattenförmige Körper aus einem Werkstoff gebildet ist, dessen akustische Impedanz im wesentlichen der der Flüssigkeit entspricht und in dem die Schallausbreitungsgeschwindigkeit von der in der Flüssigkeit abweicht. Infolge der voneinander abweichenden Schallausbreitungsgeschwindigkeiten in dem plattenförmigen Körper und in der Flüssigkeit liegt somit hinter dem plattenförmigen Körper eine zeitliche Verzögerung zwischen demjenigen Teil der Stoßwelle, der den plattenförmigen Körper durchläuft, und demjenigen Teil der Stoßwelle, der sich ausschließlich in der Flüssigkeit ausbreitet, vor, wobei der Teil der Stoßwelle, der den plattenförmigen Körper durchläuft, dem übrigen Teil der Stoßwelle entweder nach- oder voreilt, je nachdem, ob die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in dem plattenförmigen

gen Körper geringer oder größer als die in der Flüssigkeit ist. Es liegt somit hinter dem plattenförmigen Körper eine Stoßwelle vor, deren Stoßfront zwei zeitlich zueinander versetzte Teile aufweist. Dabei hängt der zeitliche Versatz von den beiden Schallausbreitungsgeschwindigkeiten und von der Dicke des plattenförmigen Körpers ab, wobei der zeitliche Versatz um so größer ist, je dicker der plattenförmige Körper ist und je stärker die Schallausbreitungsgeschwindigkeiten voneinander abweichen. Läuft eine solche Stoßwelle in einem Fokus zusammen, ergibt sich dort ein zeitlicher Verlauf des Druckes, wie er beispielsweise in den Fig. 2 und 3 dargestellt ist. Im Falle der Fig. 2 liegt ein geringer zeitlicher Versatz der Teile der Stoßwelle vor, so daß der zeitliche Verlauf des Druckes im Fokus zwei kurz aufeinanderfolgende Druckspitzen aufweist, während im Falle der Fig. 3 ein vergleichsweise großer zeitlicher Versatz vorliegt, so daß die zweite Druckspitze den Unterschwinger des ersten Teiles der Stoßwelle kompensiert. Die Höhe der Druckspitzen hängt übrigens von der Querschnittsfläche der entsprechenden Teile der Stoßwelle ab, wobei im Falle der Fig. 2 der verzögerte Teil der Stoßwelle einen gegenüber der anderen Teil nur geringfügig kleiner Querschnitt aufweist, während der Querschnitt des verzögerten Teiles der Stoßwelle im Falle der Fig. 3 erheblich geringer als der des anderen Teiles der Stoßwelle ist. Da die akustische Impedanz des plattenförmigen Körpers im wesentlichen der der Flüssigkeit entspricht, ist sichergestellt, daß an den Grenzen zwischen beiden keine nennenswerten Reflexionen auftreten, so daß die Stoßwelle den plattenförmigen Körper im wesentlichen verlustfrei durchläuft.

Im Falle der Erfindung kann die Stoßwellenquelle so ausgebildet sein, daß die Mittel zum Fokussieren der Stoßwellen unmittelbarer Bestandteil der Stoßwellenquelle sind. Die Stoßwellenquelle weist dann z.B. eine geeignet geformte Abstrahlfläche auf, von der bereits fokussierte Stoßwellen ausgehen. Falls die Stoßwellenquelle so beschaffen ist, daß besondere Mittel, z.B. akustische Linsen oder Reflektoren, zum Fokussieren der von ihr ausgesandten Stoßwellen erforderlich sind, kann der plattenförmige Körper entweder zwischen der Stoßwellenquelle und den Mitteln zum Fokussieren der Stoßwellen oder im Sinne der Ausbreitungsrichtung der Stoßwellen hinter diesen angeordnet sein. Außerdem besteht die Möglichkeit, plattenförmige Körper sowohl zwischen der Stoßwellenquelle und den Mitteln zum Fokussieren der Stoßwellen als auch hinter diesen vorzusehen.

Nach Varianten der Erfindung kann vorgesehen sein, daß der plattenförmige Körper in seinem von der Stoßwelle durchlaufenen Bereich wenigstens eine Durchbrechung aufweist und diese mittig in dem von der Stoßwelle durchlaufenen Bereich an-

gebracht ist.

Soll der plattenförmige Körper mehrere Durchbrechungen aufweisen und besitzt die von der Stoßwellenquelle ausgehende Stoßwelle einen kreisförmigen Querschnitt, ist es zweckmäßig, wenn nach einer Ausführung der Erfindung der plattenförmige Körper in seinem von der Stoßwelle durchlaufenen Bereich mehrere kreissektorförmige Durchbrechungen aufweist, deren Spitzen auf der Mittelachse der Stoßwelle liegen.

Besonders vielfältige Variationen des zeitlichen Verlaufes des Druckes im Fokus sind möglich, wenn zwischen der Stoßwellenquelle und der Austrittsöffnung mehrere plattenförmige Körper aufeinanderfolgend angebracht sind, deren von der Stoßwelle durchlaufene Bereiche einander zumindest teilweise überdecken, wobei die plattenförmigen Körper geometrisch unterschiedlich ausgebildet sein und aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen können. Zusätzliche Variationen des zeitlichen Verlaufes des Druckes im Fokus sind möglich, wenn die plattenförmigen Körper gegeneinander verdrehbar sind. Ein weitere Variante der Erfindung sieht vor, daß die plattenförmigen Körper mit ihren einander zugewandten Flächen aneinander anliegen. Durch diese Maßnahme weist der erfindungsgemäße Stoßwellengenerator eine geringe Baulänge auf.

In dem Artikel "Acoustic lens design" in ULTRASONICS, Band 7, Nr. 2, April 1969, Seiten 98 bis 100, ist im Zusammenhang mit in Wasser zu verwendenden akustischen Linsen dargelegt, daß diese aus einem Material bestehen sollten, dessen akustische Impedanz der von Wasser möglichst genau entspricht, um Reflexionen zu minimieren, daß die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in dem Linsenmaterial von der von Wasser stark abweichen sollte, um einen hohen Brechungsindex zu erhalten, und daß es einfach möglich sein sollte, die Linse in der erforderlichen Form herzustellen. Eine Anzahl von denkbaren Linsenmaterialien ist unter Angabe der akustischen Impedanzen und Schallausbreitungsgeschwindigkeiten aufgeführt.

Die Erfindung ist anhand der beigefügten Zeichnungen dargestellt. Es zeigen:

- |              |   |
|--------------|---|
| Fig. 1       | den zeitlichen Verlauf des Druckes im Fokus eines Stoßwellengenerators nach dem Stand der Technik,      |
| Fig. 2 und 3 | Beispiele für den zeitlichen Verlauf des Druckes im Fokus eines erfindungsgemäßen Stoßwellengenerators, |
| Fig. 4       | in schematischer Darstellung einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Stoßwellengenerator,      |
| Fig. 5       | in schematischer Darstellung ei-  |

- nen Längsschnitt durch einen weiteren erfindungsgemäßen Stoßwellengenerator, einen Schnitt entsprechend der Linie VI-VI in Fig. 5,
- Fig. 6
- Fig. 7 und 8 Beispiele für den zeitlichen Verlauf des Druckes im Fokus des Stoßwellengenerators nach den Fig. 5 und 6, und
- Fig. 9 in schematischer Darstellung einen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Stoßwellengenerator.

Die Fig. 1 zeigt den typischen zeitlichen Verlauf des Druckes im Fokus des Stoßwellengenerators nach dem Stand der Technik. Obwohl ein solcher zeitlicher Verlauf des Druckes normalerweise mit Erfolg zur Zertrümmerung von Konkrementen im Körper von Lebewesen verwendet werden kann, sind in bestimmten Fällen davon abweichende zeitliche Verläufe des Druckes wünschenswert, wie sie beispielhaft in den Fig. 2 und 3 dargestellt sind und mit dem Stoßwellengenerator nach dem Stand der Technik jedenfalls nicht ohne weiteres erzeugt werden können. Der in Fig. 2 ausgezogen dargestellte resultierende zeitliche Verlauf des Druckes unterscheidet sich von dem nach Fig. 1 dadurch, daß lediglich zwei zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgende Druckspitzen 4a und 4b vorhanden sind. Ein solcher zeitlicher Verlauf des Druckes kann bei bestimmten Arten von Konkrementen mit höherer Zuverlässigkeit zu deren Zertrümmerung führen, da das Konkrement durch die erste Druckspitze 4a zunächst in einen Spannungszustand versetzt wird, der es zwar "erschüttert", aber noch nicht zu seiner Zertrümmerung führt, dem sich dann durch die zweite Druckspitze 4b ausgeübte Spannungen überlagern, die um so sicherer zur Zertrümmerung des Konkrementes führen. Der in Fig. 3 ausgezogen dargestellte resultierende zeitliche Verlauf des Druckes unterscheidet sich von dem nach Fig. 1 dadurch, daß der in Fig. 1 vorhandene Unterschwinger 3 im wesentlichen fehlt. Ein zeitlicher Verlauf des Druckes ohne Unterschwinger ist deshalb wünschenswert, weil der im Bereich des Unterschwingers auftretende, unter Umständen erhebliche Unterdruck zu Kavitationerscheinungen und damit zu Schädigungen an dem das Konkrement umgebenden Gewebe führen kann.

In Fig. 4 ist ein erfindungsgemäßer Stoßwellengenerator zum Zertrümmern eines in einem Körper 5 eines Lebewesens befindlichen Konkrementes 6, z.B. eines Steins in einer Niere 7, dargestellt. Der Stoßwellengenerator weist ein Stoßwellenrohr 8 auf, das im wesentlichen aus einem mit einer Flüssigkeit, z.B. Wasser, gefüllten rohrförmigen Bauteil 9 besteht, das an seinem Ende eine Austrittsöffnung 10 für Stoßwellen aufweist, die durch einen Balg 11

verschlossen ist, mittels dessen das Stoßwellenrohr 8 an den Körper 5 des Lebewesens akustisch angekoppelt werden kann. An seinem anderen Ende weist das rohrförmige Bauteil 9 eine Stoßwellenquelle auf, d.h., es ist durch eine ebene Membran 12 verschlossen, der gegenüberliegend eine Flachspule 13 angeordnet ist. Um Stoßwellen erzeugen zu können, ist eine Hochspannungsversorgung 14 vorgesehen, die einen Kondensator 15 enthält, der mittels einer Hochspannungsquelle 16 auf z.B. 20 kV aufgeladen werden kann. Wird der Kondensator 15 mittels geeigneter Schaltmittel 17 mit der Flachspule 13 verbunden, entlädt sich die in dem Kondensator 15 gespeicherte elektrische Energie schlagartig in die Flachspule 13, die sehr schnell ein magnetisches Feld aufbaut. In der Membran 12, die aus einem elektrisch leitenden Werkstoff besteht, wird ein Strom induziert, der dem Strom in der Flachspule 13 entgegengerichtet ist und ein magnetisches Gegenfeld erzeugt. Durch die Kraftwirkung des Gegenfeldes wird die Membran 12 von der Flachspule 13 schlagartig abgestoßen, wodurch sich in der in dem rohrförmigen Bauteil 9 befindlichen Flüssigkeit eine unipolare Stoßwelle ausbildet. Um diese Stoßwelle zur Zerstörung des Konkrementes 6 nutzbar machen zu können, wird diese mittels einer in dem rohrförmigen Bauteil 9 angebrachten akustischen Linse 18 fokussiert. Diese ist in dem rohrförmigen Bauteil derart angeordnet, daß ihr Brennpunkt F mit dem Konkrement 6 zusammenfällt. Die Stoßwelle, die über den Balg 11 in den Körper 5 des Lebewesens eingekoppelt wird, gibt einen Teil ihres Energiegehaltes an das im Vergleich zur Umgebung spröde Konkrement 6 ab, indem sie Zug- und Druckkräfte auf dieses ausübt, die es in mehrere Teile zerlegen, die von dem Lebewesen auf natürlichem Wege ausgeschieden werden können.

Um den zeitlichen Verlauf des Druckes im Fokus F des Stoßwellengenerators beeinflussen zu können, ist zwischen der Membran 12 und dem Fokus F, genauer gesagt zwischen der Membran 12 und der akustischen Linse 18, ein plattenförmiger Körper 19 angeordnet, der aus einem Werkstoff gebildet ist, in dem die Schallausbreitungsgeschwindigkeit von der in der Flüssigkeit abweicht und dessen akustische Impedanz zur Vermeidung von Reflexionen an den Grenzflächen zu der Flüssigkeit im wesentlichen der der Flüssigkeit entspricht. Der plattenförmige Körper 19 weist in seinem von einer von der Membran ausgehenden Stoßwelle durchlaufenden Bereich eine Querschnittsfläche auf, die kleiner als die der Stoßwelle ist, indem er mit einer mittigen Durchbrechung 20 versehen ist. Durchläuft eine von der Membran 12 ausgehende ebene Stoßwelle den plattenförmigen Körper 19, weist sie hinter diesem zwei Teile auf, die zeitlich gegeneinander versetzt sind, wobei der-

jenige Teil der Stoßwelle, der die Durchbrechung 20 durchlaufen hat, demjenigen Teil der Stoßwelle, der den plattenförmigen Körper 19 durchlaufen hat, vor- oder nachteil, je nachdem, ob die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in dem plattenförmigen Körper 19 geringer oder größer als in der Flüssigkeit ist. Dabei ist der zeitliche Versatz zwischen den Teilen der Stoßwelle um so größer, je stärker die Schallausbreitungsgeschwindigkeiten in dem plattenförmigen Körper 19 und der Flüssigkeit voneinander abweichen und je dicker der plattenförmige Körper 19 ist. Wird die Stoßwelle mit ihren zeitlich zueinander versetzten Teilen mittels der akustischen Linse 18 fokussiert, ergibt sich für einen geringen zeitlichen Versatz zwischen ihren Teilen im Fokus F ein Druckverlauf, wie er beispielhaft in Fig. 2 dargestellt ist, während der zeitliche Verlauf des Druckes im Fokus F für eine Stoßwelle, deren Teile einen größeren zeitlichen Versatz aufweisen, in Fig. 3 dargestellt ist. Dabei ist in den Fig. 2 und 3 der resultierende zeitliche Verlauf des Druckes jeweils ausgezogen dargestellt, während die zu den zeitlich gegeneinander versetzten Teilen der Stoßwelle gehörigen Druckverläufe punktiert bzw. strichliert angedeutet sind. Die Höhe des Druckes, die die zeitlich gegeneinander versetzten Teile der Stoßwelle im Fokus jeweils erzeugen, hängt übrigens von den Querschnittsflächen der zeitlich zueinander versetzten Teile der Stoßwelle vor der Fokussierung und damit von der Querschnittsfläche des von der Stoßwelle durchlaufenen Bereiches des plattenförmigen Körpers 19 bzw. der Querschnittsfläche der in diesem angebrachten Durchbrechung 20 ab. So weisen im Falle der Fig. 2 beide Teile der Stoßwelle vor der Fokussierung im wesentlichen den gleichen Querschnitt auf, während im Falle der Fig. 3 der nachteilende Teil der Stoßwelle einen in Vergleich zum übrigen Teil der Stoßwelle geringen Querschnitt aufweist.

Durch geeignete Wahl des Werkstoffes und der Dicke des plattenförmigen Körpers 19 sowie des Verhältnisses des Querschnittes des von der Stoßwelle durchlaufenen Bereiches des Körpers 19 zum Querschnitt der Stoßwelle - im Falle des beschriebenen Ausführungsbeispiels also der Durchbrechung 20 - kann eine Vielzahl von anderen zeitlichen Verläufen des Druckes realisiert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Durchbrechung 20 exzentrisch in dem plattenförmigen Körper 19 anzuordnen und in ihrer Gestalt zu variieren.

In der Fig. 5 ist ein Stoßwellengenerator dargestellt, der sich von dem zuvor beschriebenen im wesentlichen dadurch unterscheidet, daß mehrere plattenförmige Körper 21 bis 23 zwischen der Membran 12 und dem Fokus F vorgesehen sind, die, wie anhand der unterschiedlichen Schraffur erkennbar ist, aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen und unterschiedliche Dicken aufweisen,

also geometrisch unterschiedlich ausgebildet sind. Die plattenförmigen Körper 21, 22 und 23 liegen mit ihren einander zugewandten Flächen aneinander an und sind mittels der Stellhebel 24 bis 26 gegeneinander verdrehbar in dem rohrförmigen Bauteil 9 aufgenommen.

Wie aus Fig. 5 in Verbindung mit Fig. 6 erkennbar ist, weisen die plattenförmigen Körper 21, 22 und 23 jeweils drei kreissektorförmige Durchbrechungen 27, 28 und 29 auf und können mittels der Stellhebel 24 bis 26 so zueinander positioniert werden, daß sich ihre von einer von der Membran 12 ausgehenden Stoßwelle durchlaufenen Bereiche zumindest teilweise überdecken. Durch geeignetes Verdrehen der plattenförmigen Körper 21 bis 23 gegeneinander können diese in eine solche Lage relativ zueinander gebracht werden, daß eine von der Membran 12 ausgehende unipolare Stoßwelle hinter den plattenförmigen Körpern 21 bis 23 bis zu vier zeitlich gegeneinander versetzte Teile aufweist. Demzufolge können im Fokus F zeitliche Verläufe des Druckes realisiert werden, wie sie in den Fig. 7 und 8 beispielhaft angedeutet sind, wobei analog zu den Fig. 2 und 3 der resultierende zeitliche Verlauf des Druckes wieder ausgezogen und die zu den einzelnen zeitlich gegeneinander versetzten Teilen der Stoßwelle gehörigen zeitlichen Verläufe des Druckes wieder punktiert bzw. strichliert dargestellt sind. Dabei ist in Fig. 7 ein zeitlicher Verlauf des Druckes dargestellt, bei dem der Unterschwinger des zuerst am Fokus F eintreffenden Teiles der Stoßwelle durch die folgenden Anteile der Stoßwelle praktisch vollständig kompensiert ist, während die Fig. 8 einen zeitlichen Verlauf des Druckes mit drei aufeinanderfolgenden Druckspitzen 31 bis 33 zeigt.

In Fig. 9 ist ein erfindungsgemäßer Stoßwellengenerator dargestellt, der sich von den zuvor beschriebenen dadurch unterscheidet, daß seine Membran 34 sphärisch gekrümmt und dieser gegenüberliegend eine entsprechend gekrümmte Spule 35 angeordnet ist. Die Membran 34 schließt ein rohrförmiges Bauteil 36 von kegeltstumpfförmiger Gestalt an dessen größerem Ende ab. Die an dem kleineren Ende des rohrförmigen Bauteiles 36 befindliche Austrittsöffnung 37 für die von der Membran 34 ausgehenden Stoßwellen ist wieder durch einen Balg, der die Bezugsziffer 38 trägt und zur akustischen Ankopplung des Stoßwellengenerators dient, verschlossen. Infolge der beschriebenen Ausbildung des Stoßwellengenerators sind besondere Mittel zur Fokussierung der von der Membran 34 ausgehenden Stoßwellen überflüssig, da sich eine von der Membran 34 ausgehende Stoßwelle ohnehin in dem Fokus F, der dem Krümmungsmittelpunkt der sphärischen Membran 34 entspricht, konzentriert. Die Membran 34 übernimmt also auch die Funktion der Mittel zum Fokussieren der Stoß-

wellen. Zwischen der Membran 34 und dem Fokus F ist ein plattenförmiger Körper 39 angeordnet, der aus einem Werkstoff gebildet ist, dessen akustische Impedanz im wesentlichen der Flüssigkeit entspricht und in dem die Schallausbreitungsgeschwindigkeit von der in der Flüssigkeit abweicht. Der plattenförmige Körper 39 ist wie die Membran 34 sphärisch gekrümmt, wobei sein Krümmungsmittelpunkt mit dem der Membran 34 zusammenfällt. In seinem Zentrum weist der plattenförmige Körper 39 eine Durchbrechung 34 von kegelförmiger Gestalt auf, die einen solchen Öffnungswinkel besitzt, daß ihre gedachte Spitze mit dem Krümmungsmittelpunkt der Membran 34 und des plattenförmigen Körpers 39, d.h. mit dem Fokus F, zusammenfällt. Mit einem solchen Stoßwellengenerator können im Fokus F zeitliche Verläufe des Druckes realisiert werden, wie sie in den Fig. 2 und 3 beispielhaft dargestellt sind.

Die Ausführungsbeispiele betreffen ausschließlich solche Stoßwellengeneratoren, bei denen die Stoßwellen mittels einer stoßartig antreibbaren Membran erzeugt werden. Der erfindungsgemäße Stoßwellengenerator kann jedoch auch andere Stoßwellenquellen enthalten, z.B. solche, bei denen die Stoßwellen durch Unterwasser-Funkenentladungen, auf piezoelektrischem Wege oder durch Auftreffen eines Laserstrahles auf ein in der Flüssigkeit befindliches, stark absorbierendes Objekt erzeugt werden. Ebenso können die plattenförmigen Körper insbesondere hinsichtlich der Gestalt der Durchbrechungen anders als im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen beschrieben ausgebildet sein, sofern sie nur hinsichtlich ihrer geometrischen Ausbildung und ihres Werkstoffes geeignet sind, auf die beschriebene Weise eine Stoßwelle hervorzubringen, die zeitlich gegeneinander versetzte Anteile aufweist.

#### Patentansprüche

1. Stoßwellengenerator für eine Einrichtung zum berührungslosen Zertrümmern von Konkrementen (6) im Körper (5) eines Lebewesens, welcher ein mit einer Flüssigkeit gefülltes Gehäuse (9, 36) mit einer Austrittsöffnung (10, 37) für Stoßwellen und eine dieser gegenüberliegend angeordnete Stoßwellenquelle (12, 13, 14, 34, 35) sowie Mittel (18) zum Fokussieren der Stoßwellen auf einen Fokus (F) aufweist, wobei zwischen der Stoßwellenquelle (12, 13, 14, 34, 35) und dem Fokus (F) ein plattenförmiger Körper (19, 21, 22, 23, 39) angeordnet ist, dessen im Ausbreitungsweg der Stoßwellen befindlicher Bereich eine geringere Querschnittsfläche als eine von der Stoßwellenquelle (12, 13, 14, 34, 35) ausgehenden Stoßwelle aufweist, so daß jeweils nur ein Teil einer Stoß-

welle den plattenförmigen Körper (19, 21, 22, 213, 39) durchläuft, **dadurch gekennzeichnet**, daß der plattenförmige Körper (19, 21, 22, 23, 39) aus einem Werkstoff gebildet ist, dessen akustische Impedanz im wesentlichen der der Flüssigkeit entspricht und in dem die Schallausbreitungsgeschwindigkeit von der in der Flüssigkeit abweicht.

2. Stoßwellengenerator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der plattenförmige Körper (19, 21, 22, 23, 39) in seinem von der Stoßwelle durchlaufenen Bereich wenigstens eine Durchbrechung (20, 27, 28, 29, 40) aufweist.

3. Stoßwellengenerator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Durchbrechung (20, 40) mittig in dem von der Stoßwelle durchlaufenen Bereich des plattenförmigen Körpers (19, 39) angebracht ist.

4. Stoßwellengenerator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine von der Stoßwellenquelle (12, 13, 14) ausgehende Stoßwelle einen kreisförmigen Querschnitt besitzt und der plattenförmige Körper (21, 22, 23) in seinem von der Stoßwelle durchlaufenen Bereich mehrere kreissektorförmige Durchbrechungen (27, 28, 29) aufweist, deren Spitzen auf der Mittelachse der Stoßwelle (12) liegen.

5. Stoßwellengenerator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen der Stoßwellenquelle (12, 13, 14) und der Austrittsöffnung (10) mehrere plattenförmige Körper (21, 22, 23) aufeinanderfolgend angebracht sind, deren von der Stoßwelle durchlaufene Bereiche einander zumindest teilweise überdecken.

6. Stoßwellengenerator nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die plattenförmigen Körper (21, 22, 23) geometrisch unterschiedlich ausgebildet sind.

7. Stoßwellengenerator nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die plattenförmigen Körper (21, 22, 23) aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehen.

8. Stoßwellengenerator nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die plattenförmigen Körper (21, 22, 23) gegeneinander verdrehbar sind.

9. Stoßwellengenerator nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß

die plattenförmigen Körper (21, 22, 23) mit ihren einander zugewandten Flächen aneinander anliegen.

## Claims

1. Shock wave generator for a device for contactless disintegration of concretions (6) in the body (5) of a living being, which generator has a housing (9, 36), filled with a fluid, with an outlet opening (10, 37) for shock waves and a shock wave source (12, 13, 14, 34, 35), arranged lying opposite the latter, and also means (18) for focussing the shock waves onto a focal point (F), in which case a plate-like body (19, 21, 22, 23, 39) is arranged between the shock wave source (12, 13, 14, 34, 35) and the focal point (F), the area of which plate-like body, located in the propagation path of the shock waves, has a smaller cross-sectional area than a shock wave originating from the shock wave source (12, 13, 14, 34, 35) so that in each case only one portion of a shock wave passes through the plate-like body (19, 21, 22, 213 (sic), 39), characterised in that the plate-like body (19, 21, 22, 23, 39) is formed of a material with an acoustic impedance substantially corresponding to that of the fluid and in which material the acoustic propagating speed deviates from that in the fluid.
2. Shock wave generator according to claim 1, characterised in that the plate-like body (19, 21, 22, 23, 39) has at least one opening (20, 27, 28, 29, 40) in its area through which the shock wave passes.
3. Shock wave generator according to claim 2, characterised in that the opening (20, 40) is provided centrally in the area of the plate-like body (19, 39) through which the shock wave passes.
4. Shock wave generator according to claim 2, characterised in that a shock wave originating from the shock wave source (12, 13, 14) has a circular cross section and the plate-like body (21, 22, 23) has in its area through which the shock wave passes several circular sector-shaped openings (27, 28, 29), the tips of which lie on the central axis of the shock wave (12).
5. Shock wave generator according to one of the claims 1 to 4, characterised in that provided between the shock wave source (12, 13, 14) and the outlet opening (10) in succession there are several plate-like bodies (21, 22, 23) the areas of which, through which the shock wave

passes, overlap each other at least in part.

6. Shock wave generator according to claim 5, characterised in that the plate-like bodies (21, 22, 23) are formed so as to be geometrically different.
7. Shock wave generator according to claim 5 or 6, characterised in that the plate-like bodies (21, 22, 23) consist of different materials.
8. Shock wave generator according to one of the claims 5 to 7, characterised in that the plate-like bodies (21, 22, 23) can be twisted in relation to each other.
9. Shock wave generator according to one of the claims 6 to 8, characterised in that the plate-like bodies (21, 22, 23) rest against each other with their facing surfaces.

## Revendications

1. Générateur d'ondes de choc pour un dispositif permettant de fragmenter sans contact des concrétions (6) dans le corps (5) d'un être vivant, et comportant un boîtier (9,36) rempli par un liquide et possédant une ouverture de sortie (10,37) pour les ondes de choc et une source d'ondes de choc (12,13,14,34,35) disposée en vis-à-vis de cette ouverture, ainsi que des moyens (18) pour focaliser les ondes de choc en un foyer (F), et dans lequel entre la source d'ondes de choc (12,13,14,34,35) et le foyer (F) est disposé un corps en forme de plaque (19,21,22,23,39), dont la zone située dans la voie de propagation des ondes de choc possède une surface en coupe transversale inférieure à celle d'une onde de choc partant de la source d'ondes de choc (12,13,14,34,35), de sorte que seule une partie d'une onde de choc traverse le corps en forme de plaque (19,21,22,23,39), caractérisé par le fait que le corps en forme de plaque (19,21,22,23,39) est réalisé en un matériau dont l'impédance acoustique correspond sensiblement à celle du liquide et dans lequel la vitesse de propagation du son est différente de ce qu'elle est dans le liquide.
2. Générateur d'ondes de choc suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que le corps en forme de plaque (19,21,22,23,39) possède au moins une ouverture (20,27,28,29,40) dans sa zone traversée par l'onde de choc.
3. Générateur d'ondes de choc suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que l'ouvertu-

re (20,40) est ménagée d'une manière centrée dans la zone, traversée par l'onde de choc, du corps en forme de plaque (19,39).

4. Générateur d'ondes de choc suivant la revendication 2, caractérisé par le fait qu'une onde de choc, délivrée par la source d'ondes de choc (12,13,14), possède une section transversale circulaire et que le corps en forme de plaque (21,22,23) possède, dans sa zone traversée par l'onde de choc, plusieurs ouvertures en forme de secteurs circulaires (27,28,29), dont les sommets sont situés sur l'axe médian de l'onde de choc (12).
5. Générateur d'ondes de choc suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait qu'entre la source d'ondes de choc (12,13,14) et l'ouverture de sortie (10) sont disposés les uns contre les autres plusieurs corps en forme de plaques (21,22,23), dont les zones traversées par l'onde de choc se chevauchent au moins partiellement.
6. Générateur d'ondes de choc suivant la revendication 5, caractérisé par le fait que les corps en forme de plaques (21,22,23) sont réalisés avec des géométries différentes.
7. Générateur d'ondes de choc suivant la revendication 5 ou 6, caractérisé par le fait que les corps en forme de plaques (21,22,23) sont réalisés en des matériaux différents.
8. Générateur d'ondes de choc suivant l'une des revendications 5 à 7, caractérisé par le fait que les corps en forme de plaques (21,22,23) peuvent tourner les uns par rapport aux autres.
9. Générateur d'ondes de choc suivant l'une des revendications 6 à 8, caractérisé par le fait que les corps en forme de plaques (21,22,23) s'appliquent les uns contre les autres par leurs surfaces qui se font face.

45

50

55



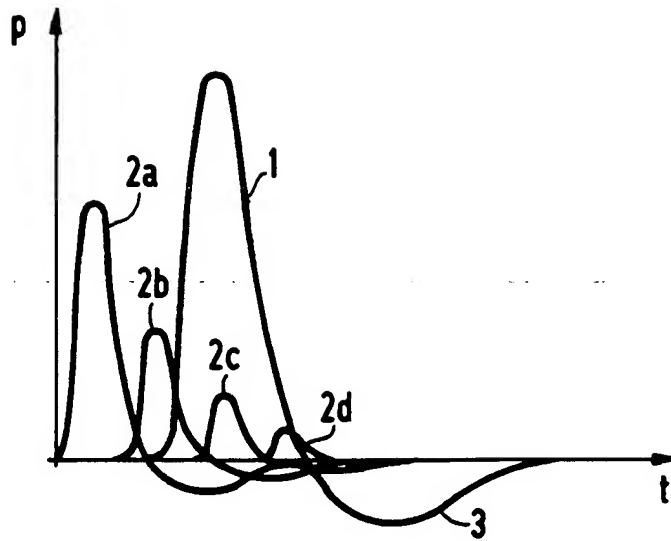


FIG 1

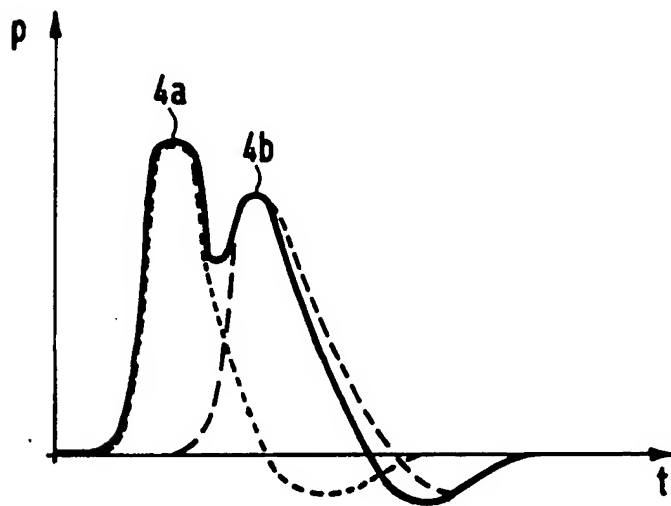


FIG 2

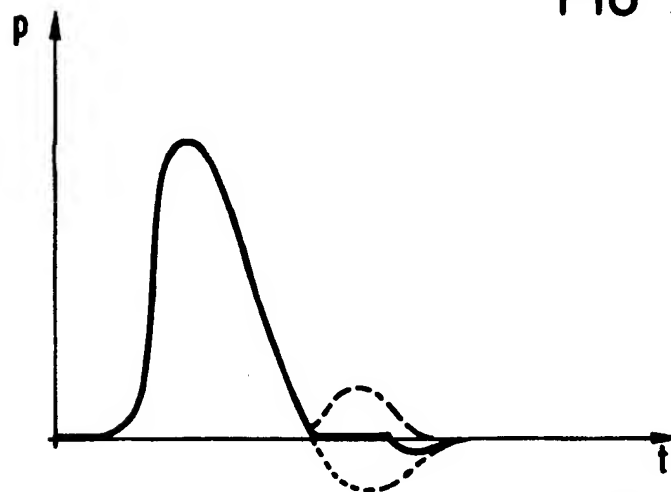
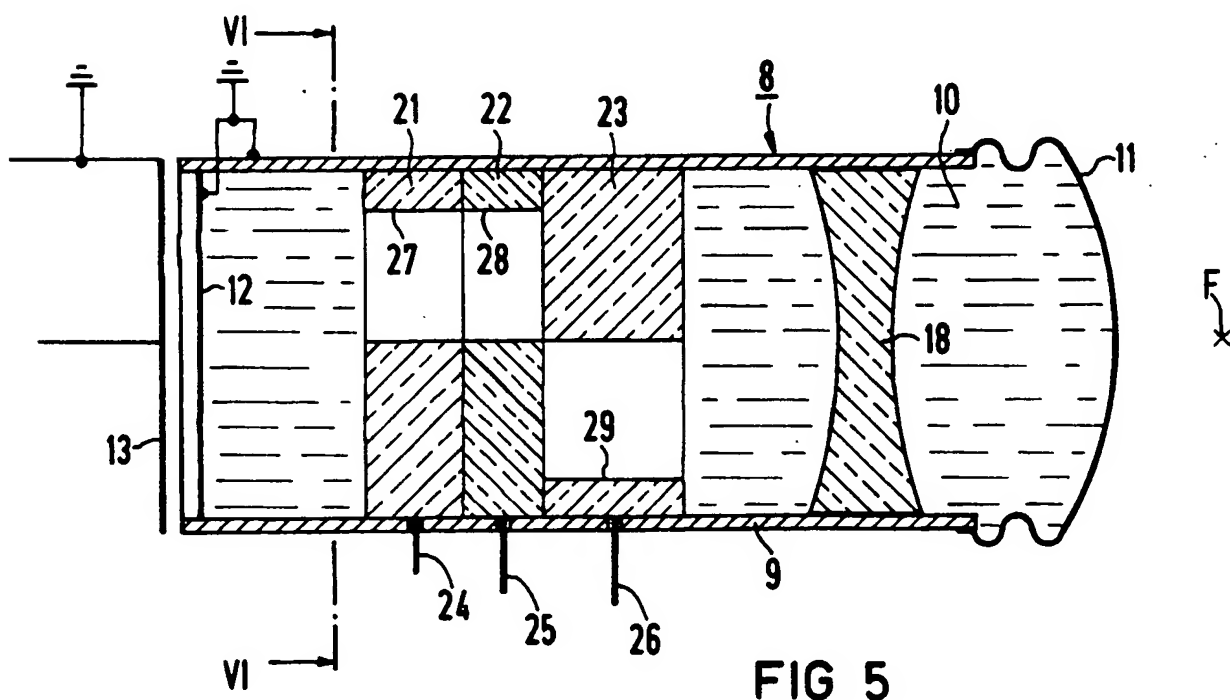
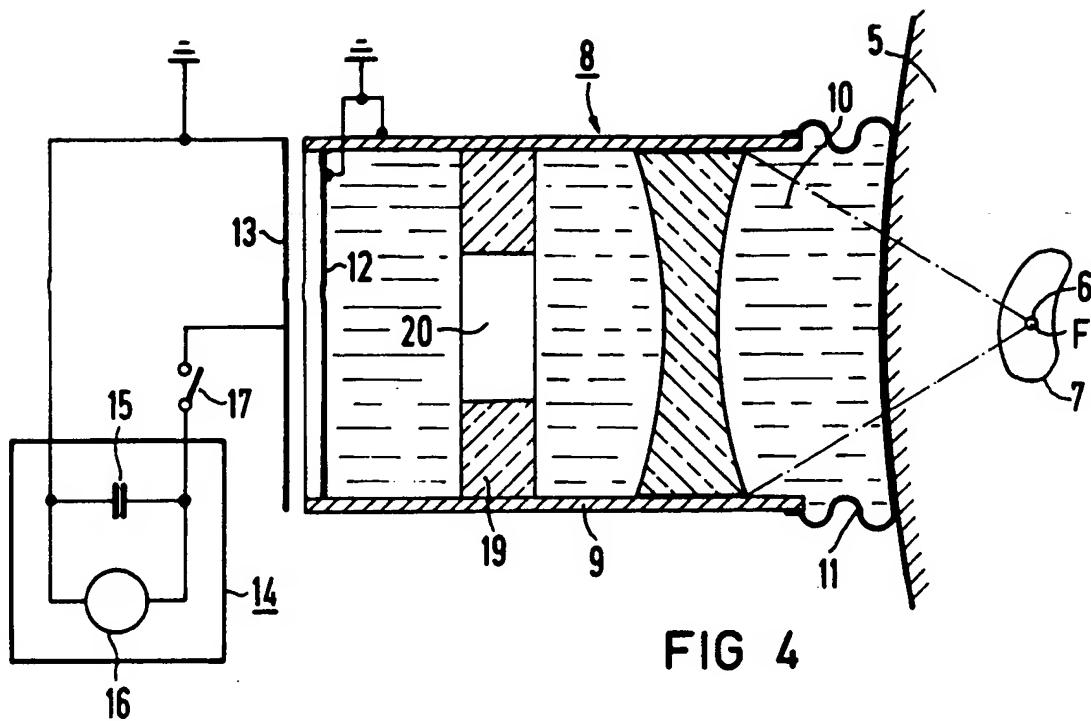


FIG 3



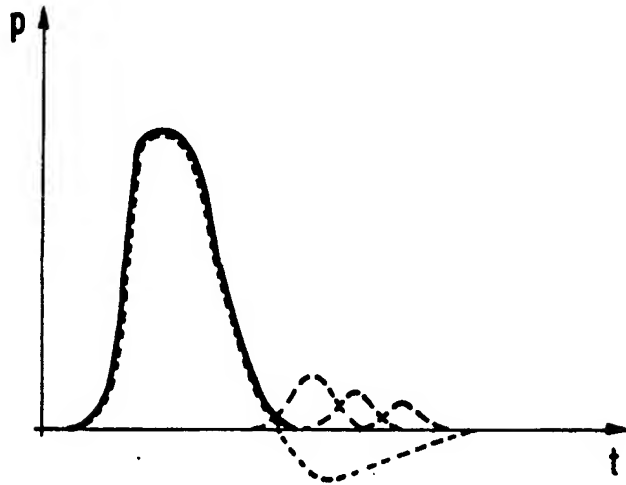
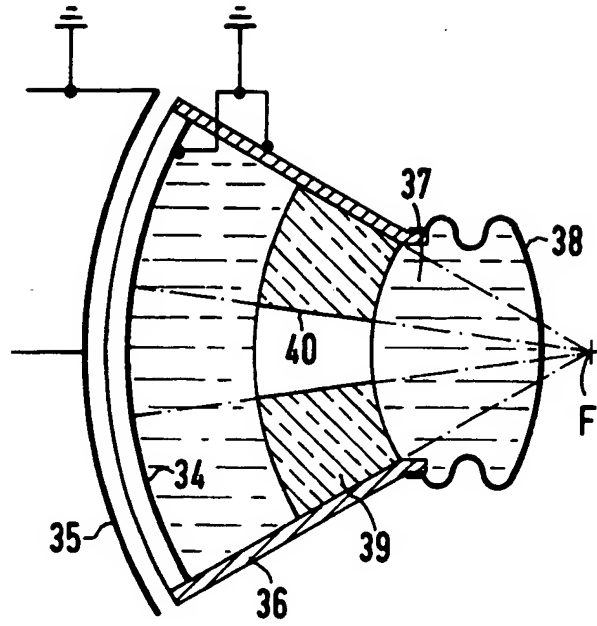
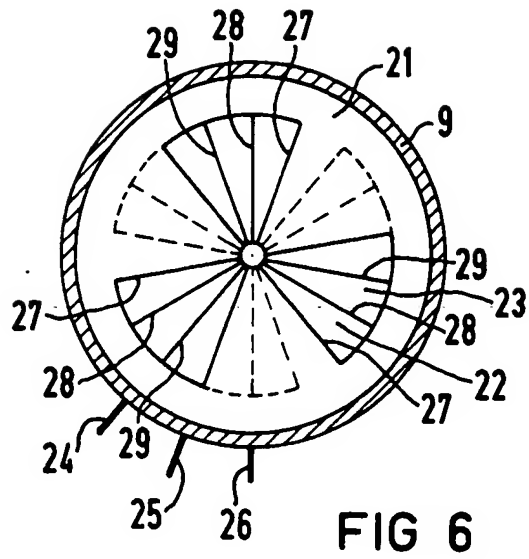


FIG 7

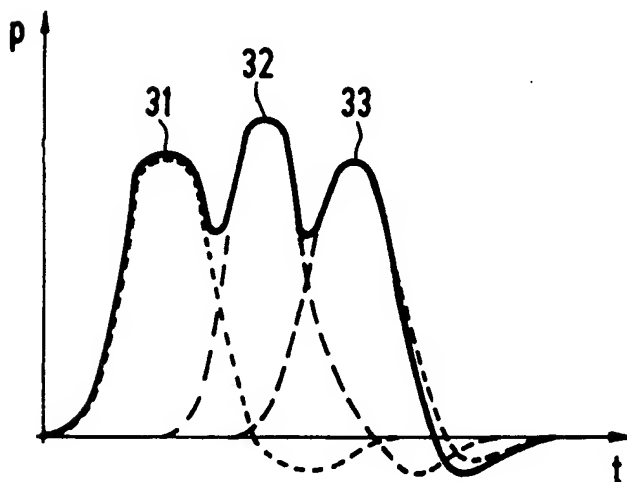


FIG 8